



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



Iztapalapa, CDMX, a 14 de octubre de 2022

Proyecto de Investigación

Ingeniería de Fenómenos Fisiológicos Perinatales (IFFPer)

Palabras clave:

Variabilidad de la frecuencia cardíaca materna y fetal; fonografía y electrocardiografía abdominal; electrohisterografía; análisis de fluctuaciones y series de tiempo; separación ciega de fuentes; neurodesarrollo; mortalidad materno-infantil; regulación autonómica; respuesta antiinflamatoria colinérgica; intervalos sistólicos.

Participantes

- Dra. Aída Jiménez González
- M. en I.B. Jesús Alfonso Martínez Ortiz
- Dr. Juan Carlos Echeverría Arjonilla (Responsable)
- Dra. María del Rocío Ortiz Pedroza
- Dra. María Teresa García González
- Dr. Miguel Ángel Peña Castillo

Integrantes del Área de Ingeniería Biomédica del Departamento de Ingeniería Eléctrica

Objetivo general

Ampliar el conocimiento sobre el embarazo y el desarrollo perinatal, desde la perspectiva de la ingeniería biomédica y la fisiopatología, con el propósito de contribuir a los esquemas de vigilancia materno-fetal e infantil.

Metas particulares

Generar y evaluar métodos no invasivos para el estudio del desarrollo fetal y la valoración de la condición materno-fetal e infantil a través de la investigación de los siguientes fenómenos:

- Fluctuaciones del periodo cardiaco
- Sonidos cardiacos y movimientos respiratorios
- Interacciones cardio-respiratorias y neuro-inmunes
- Actividad uterina y electromiográfica

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



Presentación y síntesis

Las complicaciones obstétricas han sido la principal causa de muerte en mujeres en edad reproductiva en los países en desarrollo y, por esto, se han considerado como parte de los problemas o retos de salud prioritarios. Ya desde la cumbre mundial 2010 sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio se consideró como imprescindible la reducción en tres cuartas partes de la razón de mortalidad materna. Sin embargo, dado que en varios países, incluyendo México, dicha reducción fue menor de la esperada, en 2015 se especificó como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) la necesidad de realizar acciones inmediatas en salud materna para propiciar una atención extensa y de alta calidad. De hecho, previo a la pandemia por COVID-19 se llegaron incluso a reportar mejoras importantes en las condiciones de salud materno-infantil a nivel global. No obstante, dada la alteración que la pandemia ha ocasionado en los sistemas primarios de atención en salud y la afectación particular de ésta a los grupos con condiciones socioeconómicas desfavorables, se reconoce ahora que dichas mejoras podrían haberse interrumpido o inclusive haberse revertido. Así, inequívocamente, los problemas de salud en el embarazo continuarán presentándose como prioritarios en los siguientes años.

Se han identificado tres tipos de estos problemas con posibles consecuencias tanto para la madre como para el feto: 1) complicaciones propias del embarazo; 2) enfermedades que se presentan en las mujeres y que pueden ser acentuadas por la gestación y 3) estilos de vida comprometidos o no saludables con efectos adversos en los resultados del embarazo.

Al respecto, en diversos estudios epidemiológicos se señala que varios factores de riesgo materno-fetal pueden ser detectados y prevenidos oportunamente a través de programas adecuados de seguimiento perinatal. Este seguimiento aborda la detección y atención oportuna de dichos factores para evitar que se conviertan en condiciones que afecten la condición materna y el desarrollo fetal.

La investigación en el proyecto IFFPer persigue entonces ofrecer un conocimiento amplio sobre el embarazo, el desarrollo fetal y el nacimiento, desde la perspectiva de la ingeniería biomédica y la fisiopatología, para poder contribuir a la atención perinatal. De hecho, la exploración y detección temprana de alteraciones de los fenómenos de interés en el proyecto (arriba mencionados), parece promover una mejor comprensión del desarrollo fetal, así como sugerir esquemas que contribuyen a una posible reducción de un resultado adverso durante el embarazo.

Por ejemplo, nuestros estudios han documentado, entre otros aspectos, el surgimiento a las 24 semanas de gestación de un comportamiento fractal en las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca fetal como resultado probable de la maduración en la actividad nerviosa. Esto en coincidencia con un aumento en la complejidad de las fluctuaciones del período cardíaco materno posiblemente vinculada al papel regulatorio de la actividad placentaria. También hemos encontrado que a partir de la semana 28 de gestación se hace evidente una mejor integración entre los controles respiratorios y cardíacos fetales. Y que la dinámica de las contracciones uterinas durante la fase activa del trabajo de parto vaginal, en una población de bajo riesgo, involucra diferentes características no lineales en comparación con aquellas contracciones uterinas que terminan en una cesárea. Asimismo, hemos identificado variaciones en las características espectrales y

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



energéticas de las vibraciones constitutivas del primer sonido cardiaco fetal en función de la edad gestacional, lo que podría asociarse al desarrollo de la contractilidad cardiaca.

Las actividades de los participantes del proyecto se han orientado entonces a confirmar éstas y otras observaciones, entre ellas: la condición hemodinámica a través del análisis de los sonidos cardiacos maternos y fetales y su relación temporal con eventos electromecánicos y los ciclos cardiorrespiratorios (como los intervalos sistólicos, el tiempo de eyección ventricular y aspectos morfológicos como el desdoblamiento valvular); la convergencia a lo largo del embarazo de las fluctuaciones de alta frecuencia del periodo cardiaco con la frecuencia de los movimientos respiratorios fetales (que reflejan la madurez e integridad cardiorrespiratoria a nivel del tallo cerebral en el feto así como los cambios hemodinámicos y mecanismos de control en la madre); las interacciones neuro-inmunes materno-fetales durante el embarazo o trabajo de parto; y la complejidad de la actividad eléctrica uterina como un indicador de la eficiencia de la contracción durante el trabajo de parto, entre otras. Además, se han desarrollado y evaluado múltiples mediciones y técnicas de análisis para favorecer el estudio de los fenómenos de interés mencionados como, por ejemplo, la extracción ciega de componentes maternos y fetales a partir de registros ruidosos transabdominales de baja dimensión (ya sean éstos electro- o fonocardiográficos).

En la siguiente figura se esquematizan las colaboraciones (internas y externas) que hemos establecido y consolidado en el proyecto IFFPer durante el periodo 2014-2021 con el propósito de favorecer y propiciar el objetivo y metas mencionadas. Entre otras consideraciones, los resultados de éstas se pueden identificar en las siguientes publicaciones y direcciones de tesis que aquí se reportan (notar que las colaboraciones involucran vínculos académicos, pero también a tres de los Institutos de Salud y al Centro de Investigación Materno Infantil del grupo Gen, CIMIGen).

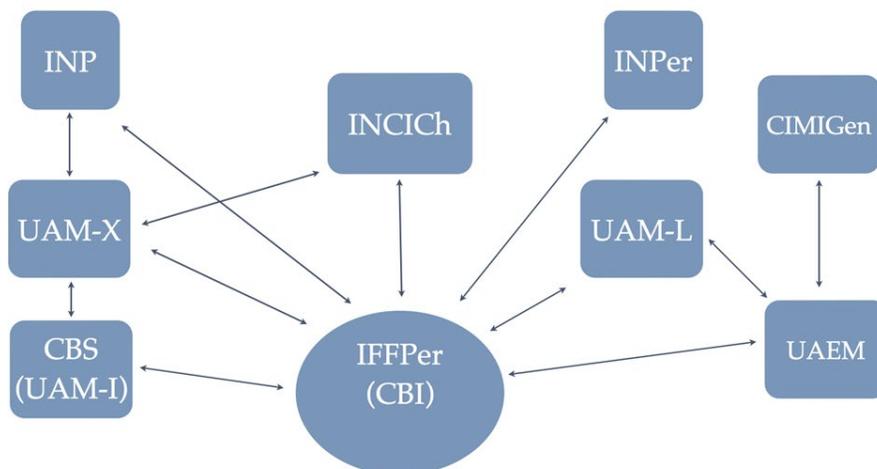


Figura 1. Esquema para reportar las colaboraciones del proyecto IFFPer (INP: Instituto Nacional de Pediatría; INCICH: Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez; INPer: Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes; CIMIGen: Centro de Investigación Materno Infantil del grupo Gen; UAEM: Universidad Autónoma del Estado de México).

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



Publicaciones indizadas del proyecto IFFPer generadas en el periodo 2014 -2021 (Web of Science)

1. Jimenez-Gonzalez A. Timing the opening and closure of the aortic valve using a phonocardiogram envelope: a performance test for systolic time intervals measurement. *Physiological Measurement* 42(2): 025004, 2021
2. Tepichin-Castro CA, Ledesma-Ramirez CI, Pena-Castillo MA, Pacheco-Lopez, G, Echeverria Reyes-Lagos JJ. Joint symbolic dynamics identifies differences in the maternal-fetal cardiac coupling between nonlaboring and laboring women. *Biomedical Signal Processing and Control* 68: 102769, 2021
3. Torres-Arellano JM, Echeverria JC, Avila-Vanzzini N, Springall R, Toledo A, Infante O, Bojalil R, Cossio-Aranda JE, Fajardo E, Lerma C. Cardiac autonomic response to active standing in calcific aortic valve stenosis. *Journal of Clinical Medicine* 10(9): 2004, 2021
4. Reyes-Lagos JJ, Abarca-Castro EA, Echeverria JC, Mendieta-Zeron H, Vargas-Caraveo A, Pacheco-Lopez G. A translational perspective of maternal immune activation by SARS-CoV-2 on the potential prenatal origin of neurodevelopmental disorders: The role of the cholinergic anti-inflammatory pathway. *Frontiers in Psychology* 12:614451, 2021
5. Madrid M, Brianza-Padilla M, Echeverria JC, Rivera-Gonzalez R, Bojalil R. The Severity of Neurological Dysfunction in Preschool Children, Secondary to Damage Generated During the Perinatal Period, is Associated With a Pro-Inflammatory Pattern of Serum Molecules. *Frontiers in immunology* 11:595309, 2021
6. Reyes-Lagos JJ, Pliego-Carrillo AC, Ledesma-Ramírez CI, Peña-Castillo MA, García-González MT, Pacheco-López G, Echeverría JC. Phase Entropy Analysis of Electrohysterographic Data at the Third Trimester of Human Pregnancy and Active Parturition. *Entropy* 22:798, 2020
7. Montero-Nava JE, Pliego-Carrillo AC, Ledesma-Ramírez CI, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, Pacheco-López G, Reyes-Lagos JJ. Analysis of the fetal cardio-electrohysterographic coupling at the third trimester of gestation in healthy women by Bivariate Phase-Rectified Signal Averaging. *PLoS ONE* 15(7): e0236123, 2020
8. Montalvo-Jaramillo CI, Pliego-Carrillo AC, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, Becerril-Villanueva E, Pavón L, Ayala-Yañez R, González-Camarena R, Berg K, Wessel N, Pacheco-Lopez G, Reyes-Lagos JJ. Comparison of fetal heart rate variability by symbolic dynamics at the third trimester of pregnancy and low-risk parturition. *Heliyon* 6:e03485, 2020
9. Jimenez-Gonzalez A, Castaneda-Villa N. Blind extraction extraction of fetal and maternal components from the abdominal electrocardiogram: An ICA implementation for low-dimensional recordings. *Biomedical Signal Processing and Control* 58: 101836, 2020
10. Rodríguez García ME, Charleston-Villalobos S, Castañeda-Villa N, Jiménez-González A, González-Camarena R, Aljama-Corrales T. Automated extraction of fine and coarse crackles by independent

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



component analysis. *Health and Technology* 10(2):459-463, 2020.

11. Calderón-Juárez M, González-Gómez GH, Echeverría JC, Pérez-Grovas H, Lerma C. Association between Mean Heart Rate and Recurrence Quantification Analysis of Heart Rate Variability in End-Stage Renal Disease. *Entropy* 22:114, 2020

12. Esquivel-Arizmendi CG, Ledesma-Ramírez CI, Pliego-Carillo AC, Echeverría JC, Peña-Castillo MA, Pacheco-Lopez G, Reyes-Lagos JJ. Analysis of the Maternal Cardio-Electrohysterographic Coupling During Labor by Bivariate Phase-Rectified Signal Averaging. *IFMBE Proceedings* 75: 21-27, 2020.

13. Echeverría JC, Avila-Vanzzini N, Springall R, Torres-Arellano JM, Toledo A, Infante O, Bojalil R, Cossio J, Fajardo E, Lerma C. Inflammation and Reduced Parasympathetic Cardiac Modulation in Aortic-Valve Sclerosis. *Applied Sciences* 9(19): 4020, 2019

14. Reyes-Lagos JJ, Ledesma-Ramírez CI, Hadamitzky M, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, Lückemann L, Schedlowski M, Berg K, Wessel N, Pacheco-López G. Symbolic analysis of heart rate fluctuations identifies cardiac autonomic modifications during LPS-induced endotoxemia. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 221:102577, 2019

15. Villanueva-Romero MY, Echeverría-Arjonilla JC, Rivera-González R, Sánchez-Pérez C. Asociación entre el desarrollo infantil temprano y la regulación autonómica cardiaca. *Archivos de Neurociencias (Mex) INNN* 24(1): 6-16, 2019

16. Garcia-Gonzalez MT, Charleston-Villalobos S, Gonzalez-Camarena R, Garcia-Ruiz AC, Aljama-Corrales T. Characterization of EHG Contractions at Pregnancy and Term Labor by Multiscale Entropy Analysis. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conference Proceedings* 5987-5990, 2019

17. Reyes-Manzano CF, Lerma C, Echeverría JC, Martínez-Lavin M, Martínez-Martínez LA, Infante O, Guzmán-Vargas L. Multifractal Analysis Reveals Decreased Non-linearity and Stronger Anticorrelations in Heart Period Fluctuations of Fibromyalgia Patients. *Frontiers in Physiology* 9: 1118, 2018

18. Reyes-Lagos JJ, Ledesma-Ramírez CI, Pliego-Carrillo AC, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, Becerril-Villanueva E, Pavón L, Pacheco-López. Neuroautonomic activity evidences parturition as a complex and integrated neuro-immune-endocrine process. *Annals of the New York Academy of Sciences* 10.1111/nyas.13860: 1-9, 2018

19. Díaz-Pérez EJ, Sánchez-Pérez MC, Moreno-Macías H, Echeverría-Arjonilla JC, Rivera-González IR, Calzada-León R, María de la Luz Ruiz-Reyes ML, Ontiveros-Mendoza E, Altamirano-Bustamante N, Mandujano-Valdés MA. Hipotiroidismo congénito primario y neurodesarrollo: un enfoque terapéutico integral. *Acta Pediátrica Mexicana* 39: 299-315, 2018

20. Escalante-Gaytan, J Reyes-Lagos JJ, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, García-González MT, Becerril-Villanueva E, Pavon L, Ledesma-Ramírez CI, Ayala-Yanez R, González-Camarena R, Pacheco-Lopez G.

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



Associations of Immunological Markers and Anthropometric Measures with Linear and Nonlinear Electrohysterographic Parameters at Term Active Labor. *Advances in Neuroimmune Biology* 7: 27-36, 2018

21. Reyes-Lagos JJ, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, Pérez-Sánchez G, Álvarez-Herrera S, Becerril-Villanueva E, Pavón L, Ayala-Yáñez R, González-Camarena R, Pacheco-López G. Women Serum Concentrations of the IL-10 Family of Cytokines and IFN- γ Decrease from the Third Trimester of Pregnancy to Active Labor. *Neuroimmunomodulation* 24:162-170, 2017

22. Lerma C, Echeverría JC, Infante O, Pérez-Grovas H, González-Gómez H. Sign and magnitude scaling properties of heart rate variability in patients with end-stage renal failure: Are these properties useful to identify pathophysiological adaptations? *Chaos* 27:093906, 2017

23. Echeverría JC, Infante O, Pérez-Grovas H, González H, José MV, Lerma C. Effects of Orthostatism and Hemodialysis on Mean Heart Period and Fractal Heart Rate Properties of Chronic Renal Failure Patients. *Artificial Organs* 41:1026-1034, 2017

24. Rubfiaro AS, Godínez JR, Echeverría JC. Relationship in Pacemaker Neurons Between the Long-Term Correlations of Membrane Voltage Fluctuations and the Corresponding Duration of the Inter-Spike Interval. *Journal of Membrane Biology* 250:249-257, 2017

25. Elorza-Ávila AR, Reyes-Lagos JJ, Hadamitzky M, Peña-Castillo MÁ, Echeverría JC, Ortiz-Pedroza MD, Lückemann L, Schedlowski M, Pacheco-López G. Oxytocin's role on the cardiorespiratory activity of endotoxemic rats *Respiratory Physiology & Neurobiology* 236:19-22, 2017

26. Álvarez-Ramírez J, Echeverría JC, Meraz M, Rodríguez E. Asymmetric acceleration/deceleration dynamics in heart rate variability. *Physica A* 479: 213-224, 2017

27. Álvarez-Ramírez J, Rodríguez E, Echeverría JC. Fractal scaling behaviour of heart rate variability in response to meditation techniques. *Chaos Solitons & Fractals* 99: 57-62, 2017

28. Arias-Ortega R, Echeverría JC, Guzmán-Huerta M, Camargo-Marín L, Gaitán-González MJ, Borboa-Olivares H, Portilla-Islas E, Camal-Ugarte S, Vargas-García C, Ortiz MR, González-Camarena R. Respiratory sinus arrhythmia in growth restricted fetuses with normal Doppler hemodynamic indices. *Early Human Development* 93: 17–23, 2016

29. Reyes-Lagos JJ, Hadamitzky M, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, Bösch K, Lückemann L, Schedlowski M, Pacheco-López G. Exogenous oxytocin reduces signs of sickness behavior and modifies heart rate fluctuations of endotoxemic rats. *Physiology & Behavior* 165: 223–230, 2016

30. Echeverría JC, Rodríguez E, Aguilar-Cornejo M, Álvarez-Ramírez J. Linear combination of power-law functions for detecting multiscaling using detrended fluctuation analysis. *Physica A* 460: 283-293, 2016

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1^a Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



31. Bojorges-Valdez E, Echeverría JC, Yáñez-Suárez O. Evaluation of the continuous detection of mental calculation episodes as a BCI control input. *Computers in Biology and Medicine* 64: 155–162, 2015
32. Reyes-Lagos JJ, Echeverría-Arjonilla JC, Peña-Castillo MA, García-González MT, Ortiz-Pedroza MR, Pacheco-López G, Vargas-García C, Camal-Ugarte S, González-Camarena R. A comparison of heart rate variability in women at the third trimester of pregnancy and during low-risk labour. *Physiology & Behavior* 149: 255–261, 2015
33. Castaneda-Villa N, Jimenez-Gonzalez A, Ortiz-Posadas MR. An assessment strategy for proposals of engineering projects in the bachelor of biomedical engineering curriculum at Universidad Autonomy Metropolitana-Iztapalapa. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conference Proceedings* 3659-3662, 2015
34. Seseña-Rubfiaro A, Echeverría JC, Godínez-Fernández JR. Fractal-like correlations of the fluctuating inter-spike membrane potential of a *Helix aspersa* pacemaker neuron. *Computers in Biology and Medicine* 53: 258–264, 2014

Otras publicaciones y memorias en extenso del proyecto IFFPer en el periodo 2014 -2021

1. Lizbeth Olmos Ramírez RL, Peña Castillo MA, Juan Carlos Echeverría Arjonilla JC, Yáñez Suárez O, Reyes Lagos JJ. Bosque aleatorio basado en rasgos tiempo-frecuencia de la VFC fetal para la clasificación de actividad uterina en fetos a término y pretérmino. *Memorias del XLIV Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 876, 2021
2. Jiménez-González A, Castañeda-Villa N. On the classification of independent components for biomedical signals de-noising: two study cases. En: *Pattern recognition techniques applied to biomedical problems*. pp. 1- 33, Springer, Alemania, 2020
3. Cardoso Bueno EI, García González MT. Analizador de Biopotenciales: interfaz gráfica de usuario desarrollada en LabView. *Memorias del XLIII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 94, 2020.
4. Peña Hernández CD, Beristain Montiel HM, García González MT. Herramienta de Evaluación de Propuestas Técnicas de Licitación, desarrollada en un entorno gráfico de programación. *Memorias del XLIII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 38, 2020.
5. Muñoz-Montes de Oca JN, Sánchez-Servín JC, Reyes-Lagos JJ, García-González MT. Análisis de la entropía de fase del electrohisterograma en pacientes de parto eutócico y cesárea. *Memorias del XLIII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 48, 2020.
6. Flores-Duarte IM, Pliego-Carrillo AC, Ledesma-Ramírez CI, Echeverría-Arjonilla JC, Peña-Castillo MA, Pacheco-López G, Reyes-Lagos JJ. Comparación de algoritmos lineales y no lineales para la detección del desacoplamiento cardiorrespiratorio en ratas endotoxémicas. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica* 40(3): 1-11, 2019

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



7. Reyes-Lagos JJ, Peña-Castillo MA, Echeverría JC, Escalante-Gaytán J, Ledesma-Ramírez CI, Becerril-Villanueva E, Pavón-Romero L, Pacheco-López G. Interacciones electrofisiológicas, autonómicas e inmunológicas durante el trabajo de parto: análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y del electrohisterograma como indicadores de inflamación. En: *Nuevos enfoques en el estudio de las interacciones neuroinmunoendocrinológicas*. Universidad de Guadalajara. pp. 43-75, México, 2018
8. Méndez Rubio E, Castañeda Villa N, Jiménez González A. Extracción del electrocardiograma fetal mediante técnicas de separación ciega de fuentes: una implementación para registros abdominales de cuatro canales. *Memorias del XLI Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 70-73, 2018.
9. Espinosa KP, Castañeda Villa N, Jiménez González A. Extracción automática del ECG fetal en registros abdominales de cuatro canales mediante la atenuación del ECG materno y el análisis por componentes independientes. *Memorias del XLI Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 218-221, 2018.
10. Mejía Tovar EO, Jiménez González A, Castañeda Villa N, Jiménez Ángeles L, Valdés Cristerna R. Filtrado de imágenes de resonancia magnética cardiovascular mediante análisis por componentes independientes". *Memorias del XLI Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 82-85, 2018.
11. Porras Illescas LA, Jiménez González A, Castañeda Villa N. Uso del Análisis por Componentes Independientes en la extracción de artefactos de la respuesta Mismatch Negativity. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica* 38(2): 420-436, 2017.
12. Castañeda Villa N, Calderón Ríos ER, Jiménez González A. On the identification of an ICA algorithm for auditory evoked potentials extraction: a study on synthetic data. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica* 36(2): 107-119, 2015.
13. Jaimes Romero VA, Casas Sánchez CA, Jiménez Anguiano A, Jiménez González A. Interfaz gráfica de usuario para adquisición, almacenamiento y etiquetado de biopotenciales polisomnográficos en ratas y gatos. *Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 408-411, 2015.
14. Jiménez González A. Programa de talleres intertrimestrales de los Laboratorios de Docencia en Ingeniería Biomédica de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. *Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*: 432-435, 2015.

Dirección de tesis de posgrado del proyecto IFFPer concluidas en el periodo 2014 -2021

Doctorado:

1. *Variabilidad de la frecuencia cardíaca materno-fetal y niveles de hemoglobina materna durante el embarazo*. Mercedes Jatziri Gaitán González (Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, 2014).
2. *Utilización de un exponente de escalamiento en interfaces cerebro computadora asincrónicas*. Erik René Bojorges Valdez (Doctorado en Ciencias, Ingeniería Biomédica, 2016).

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



3. *Evaluación de las interacciones cardio-respiratorias fetales en la restricción del crecimiento intrauterino.* Ronald Arias Ortega (Doctorado en Ciencias, Ingeniería Biomédica, 2017).

4. *Estudio de la dinámica de las fluctuaciones del potencial de membrana y su relación con la actividad neuronal de tipo marcapaso.* Alberto Seseña Rubfiaro (Doctorado en Ciencias, Ingeniería Biomédica, 2017).

5. *Asociación de una respuesta inflamatoria con la dinámica de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca durante el trabajo de parto a término y de bajo riesgo.* José Javier Reyes Lagos (Doctorado en Ciencias, Ingeniería Biomédica, 2017).*

*Premio Weizman 2017 a la tesis de doctorado otorgado por la Academia Mexicana de Ciencias.

Maestría:

6. *Análisis de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca en mujeres embarazadas con diabetes pregestacional que presentan fetos con alteraciones del crecimiento.* Guillermo Maldonado Sandoval (Maestría en Ciencias, Ingeniería Biomédica, 2016).

7. *Efecto de los movimientos respiratorios fetales sobre los componentes autonómicos de las fluctuaciones del periodo cardíaco.* Mónica Moreno Rodríguez (Maestría en Ciencias, Ingeniería Biomédica, 2016).

8. *Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en mujeres embarazadas de primer trimestre con metformina.* Ana Delia Sorí Martínez (Maestría en Ciencias, Ingeniería Biomédica, 2018).

9. *Asociación de los índices lineales y de escalamiento de corto plazo de la variabilidad de la frecuencia cardíaca con el intervalo RR medio en pacientes con hipertensión esencial: influencia de variables clínicas.* Jannet Guerrero Chimal (Maestría en Ciencias, Ingeniería Biomédica, en revisión por sinodales 2021).

10. *Asociación de la función valvular con la variabilidad de la frecuencia cardíaca en sujetos con enfermedad valvular aórtica degenerativa.* Jimena Rodríguez Carbó (Maestría en Ciencias, Ingeniería Biomédica, en revisión por sinodales 2021).

Dirección de proyectos terminales de licenciatura concluidos en el periodo 2014 -2021

1. *Conformación y evaluación de sistemas para adquisición de señales fonográficas fetales.* Ana Cecilia Gutiérrez Ambriz. (Ingeniería Biomédica, 2014).

2. *Simulador de sonidos cardiacos fetales.* Maximiliano Martínez Cordera (Ingeniería Biomédica, 2014).

3. *Extracción de parámetros respiratorios maternos a partir del fonograma abdominal: un estudio basado en análisis por componentes independientes.* Marco Antonio Arellano López (Ingeniería Biomédica, 2014)

4. *Interfaz gráfica de usuario para generar cardiogramas latido a latido a partir del electrocardiograma abdominal.* Piceno Zaragoza (Ingeniería Biomédica, 2014)

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



5. *Sistema de adquisición y análisis digital de biopotenciales polisomnográficos en ratas y gatos: un desarrollo basado en LabVIEW*. Vasti Alely Jaimes Romero y César Antonio Casas Sánchez (Ingeniería Biomédica, 2015)
6. *Interfaz gráfica de usuario para medir potenciales evocados: Una aplicación para un equipo Neuropack Σ basada en LabVIEW*. Juan José Guzmán Cruz (Ingeniería Biomédica, 2015)
7. *Sistema para el entrenamiento y la evaluación del masaje cardiaco en la técnica RCP*. Luis Daniel Vera Avendaño (Ingeniería Biomédica 2015).
8. *Análisis cuantitativo del patrón respiratorio y de la arritmia sinusal respiratoria en mujeres con embarazos de entre 20 y 40 semanas de gestación*. Kevin Aldama Ruiz (Ingeniería Biomédica, 2015).
9. *Análisis del mapeo dinámico de la actividad EHG durante el trabajo de parto a término*. Luz Mariana Tejeda Paz (Ingeniería Biomédica, 2015).
10. *Evaluación del efecto de la administración de oxitocina en la actividad uterina, durante el trabajo de parto*. Hilda Nátali Guzmán Escobedo (Ingeniería Biomédica, 2015).
11. *Análisis del impacto de los procesos de un DIB en la toma de decisiones sobre tecnología médica*. Laura Anayeli Pérez Hernández (Ingeniería Biomédica, 2016).
12. *Sistema de evaluación de la técnica de reanimación cardiopulmonar RCP*. Eduardo Moreno Acevedo (Ingeniería Biomédica, 2016).
13. *Caracterización de las contracciones uterinas durante trabajo de parto a término en embarazos de bajo riesgo*. Omar David Gutiérrez Araoz (Ingeniería Biomédica, 2017).
14. *Separación de señales electrofisiológicas materno-fetales mediante FastICA, de registros adquiridos durante el trabajo de parto*. Keni Yomel Trujillo Sánchez (Ingeniería Biomédica, 2017).
15. *Relación del Triple Gradiente Descendente con la Caracterización de la Actividad Eléctrica Uterina en el Trabajo de Parto*. Jessica Torres Enríquez (Ingeniería Biomédica, 2017).
16. *Diseño e implementación de un dispositivo para monitoreo de temperatura en ultracongeladores con sistema de alarmas a distancia*. Gerardo Zubirán Martíñez (Ingeniería Biomédica, 2017).
17. *Análisis de las fluctuaciones de la frecuencia cardiaca en el largo plazo en un modelo de ratas endotoxémicas*. Rosa Isela Mañón Mata (Ingeniería Biomédica, 2018).
18. *Evaluación de la relación del exponente fractal de magnitud (α_{IMAG}) con la Frecuencia Cardiaca Media en Corredores de Montaña*. Daniel Ernesto Sanchez Baqueiro (Ingeniería Biomédica, 2018).

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1^a Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



19. *Análisis de la variabilidad del patrón respiratorio obtenido a partir de la señal ECG abdominal de mujeres embarazadas.* José Eduardo Hernández Rodríguez (Ingeniería Biomédica, 2018).

20. *Etapa de adquisición para un sistema de monitoreo de ECG en pacientes ambulatorios.* Ángel Orlando Ponce Gutiérrez (Ingeniería Biomédica, 2018).

21. *Análisis no lineal de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca de mujeres embarazadas en registros de largo plazo.* María Fernanda Vega Jasso (Ingeniería Biomédica, 2018).

22. *Etapa de transmisión de la señal en un sistema de monitoreo inalámbrico de ECG.* Christopher Yair Toledo Morán (Ingeniería Biomédica, 2018).

23. *Sistema de transmisión de señales de VFC para dispositivos móviles sin necesidad de infraestructura.* Ericka Zyanya Chávez Hernández y Nancy Ortiz Juárez (Ingeniería Biomédica, 2018).

24. *Etapa de procesamiento y despliegue de un sistema de monitoreo inalámbrico de ECG.* Esteban Rafael Ramírez Pérez (Ingeniería Biomédica, 2018).

25. *Registro y análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en mujeres postmenopáusicas con síntomas de bochornos.* Michell Margot Pérez Cortes (Ingeniería Biomédica, 2018).

26. *Análisis cuantitativo de señales electromiográficas del esfínter anal externo en sujetos con patologías del piso pélvico: un estudio durante la maniobra de pujo.* Andrés Navarro Galindo (Ingeniería Biomédica, 2018).

27. *Desarrollo de módulos software para procesamiento digital de señales polisomnográficas de ratas.* Nuria Renata Ortíz Gracidas (Ingeniería Biomédica, 2018).

28. *Extracción semiautomatizada del electrocardiograma fetal mediante técnicas de separación ciega de fuentes: una implementación para registros de cuatro canales.* Enrique Antonio Méndez Rubio (Ingeniería Biomédica, 2018).

29. *Procesamiento de señales de pulsos obtenidas con un marcador de eventos para la simulación de señales de movimientos respiratorios fetales (MRF).* Andrea Flores Estrada (Ingeniería Biomédica, 2018).

30. *Evaluación de un algoritmo de medición del gasto energético basado en la medición de la frecuencia cardíaca y la intensidad de la actividad física.* Carolina Yutsil Martínez Estrada y Fernando Novales Campos (Ingeniería Biomédica, 2018).

31. *Asociación entre las fluctuaciones de los intervalos entre latidos cardíacos y las fluctuaciones de intervalos entre respiraciones consecutivas en sujetos control y sujetos con enfermedad valvular aórtica.* Alan Gabriel Romero Pacheco (Ingeniería Biomédica, 2019).

32. *Análisis de la interacción cardiorespiratoria en pacientes con hemodiálisis mediante el análisis de recurrencias cruzadas.* Eduardo Cuixi Quintanar Izaguirre (Ingeniería Biomédica, 2019).

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



33. *Diseño y construcción de un sistema de control y monitoreo de la temperatura, para transporte de vacunas.* Alejandro Espinola Razo (Ingeniería Biomédica, 2019).

34. *Desarrollo de un sistema de monitoreo y control de temperatura para órganos de trasplante.* Edmundo Mendoza Contreras (Ingeniería Biomédica, 2019).

35. *Diseño, construcción y caracterización de una etapa de acondicionamiento analógico para fonocardiografía fetal de banda ancha.* Benjamín Eduardo Aguilar Arce (Ingeniería Biomédica, 2019).

36. *Influencia de la frecuencia y el ángulo de incidencia del haz ultrasónico en la medición de la velocidad del flujo sanguíneo: caracterización del error de medición.* Alitzel Soriano Silva (Ingeniería Biomédica, 2019).

37. *Evaluación del desempeño de transductores acústicos ante señales simuladas de fonocardiografía fetal.* Diego Iván Hernández Miranda (Ingeniería Biomédica, 2019)

38. *Diseño y construcción de un sistema de control y monitoreo de la temperatura, para transporte de vacunas.* Alejandro Espinola Razo (Ingeniería Biomédica, 2019)

39. *Desarrollo de un contenedor con sistema de monitoreo y control de temperatura para órganos de trasplante.* Edmundo Mendoza Contreras (Ingeniería Biomédica, 2019)

40. *Optimización y validación de un sistema automático para el registro dosimétrico de pacientes en tomografía y mastografía.* Alexis Valle Garay (Ingeniería Biomédica, 2019)

41. *Desarrollo de una herramienta en Visual Basic para la evaluación de propuestas técnicas de licitación, en el Hospital General de México.* César Daniel Peña Hernández (Ingeniería Biomédica, 2019).

42. *Diseño y construcción de un estimulador para la generación de nistagmo optocinético.* Federico Aranda Suarez (Ingeniería Biomédica, 2020)

43. *Rediseño y construcción de un sistema de monitoreo y control de la temperatura para transporte interno de vacunas del INCMNSZ.* Sheila Leyva López (Ingeniería Biomédica, 2020)

44. *Determinación de la incidencia de síntomas vasomotores presentes en la menopausia, en mujeres con diabetes, problemas de presión arterial, estrés y ansiedad, así como su relación con el sistema nervioso autónomo mediante regresión logística.* Sandra Guadalupe Mendoza Ochoa (Ingeniería Biomédica, 2020).

45. *Análisis del intervalo QT y QTc durante el embarazo.* Karen Villedas Luna (Ingeniería Biomédica, 2020).

46. *Diseño y Desarrollo de una Interfaz Gráfica de Usuario, basada en LabVIEW, para el Procesamiento y Despliegue de Señales Electrofisiológicas del Trabajo de Parto.* Enrique Ignacio Cardoso Bueno (Ingeniería Biomédica, 2020)

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1^a Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



47. *Caracterización de la Señal Electromiográfica, EHG, del Trabajo de Parto. Ashmed Claudio García Ruíz* (Ingeniería Biomédica, 2020)

48. *Diseño de una guía para implementar un programa de gestión de equipo y tecnología biomédica que cumpla con los estándares de certificación del Consejo de Salubridad General. Diana Laura Aguilar Carmona* (Ingeniería Biomédica, 2021)

Resultados esperados del proyecto IFFPer para el trienio 2022 - 2025

Componente	Productos de trabajo	Cantidad
Investigación	Artículos en revista indizada	7
	Artículos de memorias en extenso	3
Docencia	Proyectos terminales	9
	Tesis de Posgrado	6
	Desarrollos tecnológicos para apoyo a docencia	1
Vinculación	Proyectos patrocinados	1

Duración del proyecto

10 años

Resumen de cambios

Duración del proyecto

UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª Sección,
Iztapalapa, CDMX, C. P. 09310, Celular: 55 1301 0292, Email: jcea@xanum.uam.mx